

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. August 2003 (28.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/071577 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01J 37/077**

Berghausen (DE). BUTH, Lothar-Heinz-Otto [DE/DE];  
Hans-Thoma-Weg 15, 76256 Weingarten (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/00719

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Januar 2003 (24.01.2003)

(74) Gemeinsamer Vertreter: **FORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE GMBH**; Stabsabteilung Marketing,  
Patente und Lizenzen, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
(DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

(30) Angaben zur Priorität:  
102 07 835.1 25. Februar 2002 (25.02.2002) DE

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
GMBH** [DE/DE]; Weberstrasse 5, 76133 Karlsruhe (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHULTEISS,  
Christoph** [DE/DE]; Edith-Stein-Strasse 5, 76327

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: CHANNEL SPARK SOURCE FOR GENERATING A STABLE, FOCUSED ELECTRON BEAM

(54) Bezeichnung: KANALFUNKENQUELLE ZUR ERZEUGUNG EINES STABIL GEBÜNDELTEN ELEKTRONEN-  
STRAHLS

(57) Abstract: The invention relates to a channel spark source, triggered by gas discharge, for generating stable, focussed electron beams. Said source is characterised by a gas supply with a pressure differential of  $10^{-4}$  Pascal between the hollow cathode and the channel outlet, so that the multiplication of the charge carriers in the trigger plasma ignites a hollow cathode gas discharge in a reliable manner and that the beam exits the system without a predisposition for instability or for touching and damaging the internal channel of the system.

(57) Zusammenfassung: Es wird eine über Gasentladung getriggerte Kanalfunkenquelle zur Erzeugung von stabil gebündelten Elektronenstrahlen vorgestellt, die sich durch eine Gaszufuhr mit einer Druckdifferenz von  $10^{-4}$  Pascal zwischen der Hohlkathode und dem Kanalausgang auszeichnet, so dass die durch ein äußeres Magnetfeld unterstützte Ladungsträgervermehrung im Triggerplasma eine Hohlkathodengasentladung zuverlässig zündet und der Strahl ohne Neigung zu Instabilitäten und Berührung bzw. Beschädigung des inneren Kanals das System verlässt.

**BEST AVAILABLE COPY**

## **Kanalfunkenquelle zur Erzeugung eines stabil gebündelten Elektronenstrahls**

Die Erfindung betrifft eine Kanalfunkenquelle zur Erzeugung eines gebündelten Elektronenstrahls. Sie ist koaxial aufgebaut und besteht aus einer dielektrischen Röhre, in der ein Triggerplasma erzeugt wird. Daran schließt sich stirnseitig eine Hohlkathode an, an der ein dielektrischer Kanalfunkenkörper ansetzt. Am Ende dieses Kanalfunkenkörpers sitzt eine Anode, die einen zentralen Durchgang hat, so dass ein weiteres dielektrisches Rohrstück das anodische Ende der gesamten Kanalfunkenröhre bildet.

Ein Kondensator als elektrischer Energiespeicher ist an die Anode und die Hohlkathode angeschlossen. Gegenüber der Hohlkathode liegend, ragt eine im Boden der dielektrischen Röhre eingeschmolzene Elektrode in den Triggerplasmaraum. Sie ist über einer Funkenstrecke zum Erdpotential angeschlossen. Ein Ladewiderstand überbrückt die Elektrode in der dielektrischen Röhre und die Hohlkathode. Das entspricht vom Prinzip her einem Aufbau, wie er in der DP 42 08 764 beschrieben ist.

Die Lebensdauer der in der DP 198 49 894 beschriebenen Kanalfunkenendröhre beträgt nur etwa 1 Million Schuss. Dann hat sich der Strahl einen Weg durch den Mantel der Röhre gebohrt. Weiter ist von Nachteil die Wärmeentwicklung. Ab etwa 50 Hz Pulsfrequenz beobachtet man Rotglut im Bereich der Kanalfunkenröhre. Bei 100 Hz Pulsfrequenz erhitzt sich die Röhre, wegen der Verlustenergien, auf Weißglut.

Um industriellen Standards zu genügen, werden Lebensdauern von  $10^9$  Pulsen gefordert, wie sie z. B. bei Excimerlasern Standard sind. In der aktuellen Situation ist die elektrische Leistung des Kanalfunkensystems bei 50 Hz Pulsfrequenz auf ca. 150 W und die Strahlleistung auf ca. 60 W beschränkt. Mit Blick auf

andere Laser bzw. Teilchenbeschleuniger (Elektronenkanone), deren Leistungen im 1-kW-Bereich angesiedelt sind, ist die momentane Leistungsfähigkeit des Kanalfunkensystems als Quelle für Prozessenergie zu gering.

Die Ursache für die chaotische Bewegung des Strahls im Kanalfunkensystem, insbesondere im Bereich der anodenseitigen Kanalfunkenröhre und nach Verlassen derselben, beruht auf einer Instabilität, die Ähnlichkeit mit der sog. Hose-Instabilität bei z-Pinchen hat. Es ist den Betreibern von Kanalfunkenanlagen bekannt, dass sich diese Instabilität erst nach einer längeren Betriebsdauer einstellt (ca. 10.000 Schuss), offensichtlich nachdem sich das System erwärmt und völlig entgast hat.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bestehende Kanalfunkenstrecken/-quellen derart zu verbessern, dass sehr hohe Schusszahlen mit jeweils konstanter Strahlqualität erreicht werden und eine solche verbesserte Kanalfunkenquelle Bestandteil in industriell genutzten Anlagen sein kann.

Die Aufgabe wird durch eine im Oberbegriff des Anspruchs 1 beschriebene Kanalfunkenquelle, die die in den kennzeichnenden Merkmalen aufgeführten zusätzlichen Neuerungen hat, gelöst.

Der Ansatz für die Erfindung liegt in der Gasbelegung an der Innenwand 3 der Kanalfunkenröhre 5, der Hohlkathode und des verbundenen Triggersystems 7, es wirkt wie ein Gasreservoir bzw. inneres Gasleck, das sich mit der Zeit verbraucht. Während dieser Zeit treten keine Instabilitäten auf. Allerdings ist der Energiegehalt des Strahls bzw. die Leistungsdichte in dieser Phase noch nicht ausreichend, um effektiv zu ablatieren. Die volle Strahlleistungsdichte wird erst kurz vor Auftreten der Instabilität beobachtet.

Daraus rührt die Überlegung, eine Gaszufuhr im Bereich der Hohlkathode 1 des Kanalfunkensystems zu installieren und dort einen Gasdruck einzustellen, bei dem die Instabilität noch nicht auftritt, aber der Strahl bereits einen für den Beschichtungsprozess brauchbaren Energieinhalt hat.

Hierzu ragt in die Hohlkathode 1 von der Triggerplasmaseite her die Hülse 21, die Bestandteil der Hohlkathode 1 ist, mit konisch sich zur Anode 17 hin öffnenden lichten Weite unter Bildung eines Ringspalts 13, sie endet vor der anodenseitigen Stirn der Hohlkathode 1. Es bleibt so ein Restvolumen mit der lichten Weite der Hohlkathode 1, in das der Ringspalt 13 mündet.

Durch die Gefäßwand der Hohlkathode 1 hindurch oder an derselben gibt es die Gaszuführung ins Innere, durch die hindurch oder über die dosiert Gas in den Hohlraum der Hohlkathode 1 zur Einstellung eines vorgegebenen Druckgefälles zwischen Hohlkathodenausgang und dem Ausgang des dielektrischen Rohrstücks 5 eingeströmt werden kann. Diese künstlichen Lecks sind so schwach, dass der übliche Pumpaufwand zum differentiellen Pumpen in der Kanalfunkenröhre keinen zusätzlichen technischen Aufwand erfordert.

Zusätzlich durchdringt das Feld eines Permanentmagneten 12 oder eines Elektromagneten 12 die dielektrische Röhre 7 der Triggerquelle abschnittsweise völlig. Die Einrichtung 12 zur Erzeugung des Magnetfelds ist entlang der dielektrischen Röhre 7 verschiebbar, zudem kann die Magnetfeldachse geschwenkt werden. Dadurch verstärken sich die Ladungsträger durch Elektromendrift im Triggerplasma und begünstigen ein Mitzünden der Kanalfunkenentladung nach Zündung des Triggerplasmas.

In den Unteransprüchen 2 bis 13 sind weitere Maßnahmen spezifiziert, die den zuverlässigen Langzeitbetrieb der Kanalfunkenquelle nachhaltig unterstützen:

So ist in Anspruch 2 das Verhältnis der Länge vom Eingang in die Hohlkathode 1 bis zum Ausgang aus derselben zur lichten Weite der Hülse 21 am triggerquellenseitigen Eingang mindestens 4 aber höchstens 10. Die lichte Weite der Hülse 21 auf der Strahlaustrittsseite ist mindestens gleich der lichten Weite der Kanalfunkenröhre 11.

Zum dosierten Gaseinlass sitzt ein speziell ausgestaltetes Ventil 16 in der Gaszuführung. Es besteht aus einer Membran (Anspruch 3), die den Innenraum der Hohlkathode 1 von einem Gasraum höheren Drucks trennt, durch die Gas entsprechend der Membranstruktur, des Druckgefälles und der eingestellten umgebenden Temperatur in entsprechend geringer Menge dosiert hindurchtritt. Die Membran kann beispielsweise eine Kunststofffolie aus thermostabilen Materialien, wie Polyester, Polyvinylchlorid, Silikonkautschuk, Teflon, sein (Anspruch 4).

Eine andersartige Möglichkeit für die dosierte Gaszufuhr besteht darin, dass die Dichtungseinrichtung an einer der beiden oder an beiden Stirnseiten der Hohlkathode 1 Leckstrukturen in Form von Mikrounebenheiten/-kanälen in das Innere der Hohlkathode 1 aufweist, durch die hindurch dosiert Gas von außen nach innen strömt/leckt (Anspruch 5). Die Mikrounebenheiten/-kanäle sitzen nach Anspruch 6 in einer oder beiden Stirnflächen des Gefäßes der Hohlkathode.

Da sie in einer oder beiden Dichtungseinrichtungen sitzen können solche mikrokanalartigen Leckstrukturen auch im Berührbereich der O-Ringe mit der jeweils anliegenden Dichtfläche eingebracht sein (Anspruch 7).

Da der lichte Strömungsquerschnitt für die Dosierung der Gaszufuhr maßgebend ist (Anspruch 8), ist auch ein gequetschter Abschnitt einer Kapillare in der Leckgaszufuhr denkbar. Das Einbringen eines solchen Hindernisses in die Gehäusewand der Hohlkathode wäre beispielsweise ein an seinem Ende gequetschtes metallisches Rohr oder eine sehr feine Glaskapillare.

Zur Änderung der Dosierung des Leckgasstromes ist, wenn nicht eine Membran, ein feines Stellventil möglich, falls die Leckrate über der einer Membrane liegen kann (Anspruch 9).

Versuche haben ergeben, dass die erforderliche Gaszufuhr, beispielsweise Luft, nur sehr gering sein darf, ein pV-Durchfluss von etwa  $10^{-7} \frac{\text{mbar} \cdot \text{l}}{\text{s}}$ . Wenn sich die Gaszufuhr im Bereich der Hohlkathode 1 befindet, ergibt sich längs der gesamten Kanalstruktur 9 bei beispielsweise 5 mm Durchmesser, eine Druckdifferenz von  $10^{-4}$  Pascal.

Gute Ergebnisse werden erzielt, wenn der im gesamten System herrschende niedrige, residuale Gasdruck im Bereich der Hohlkathode 1 in Richtung zur Triggerquelle 7 konstant um einen Faktor  $10^{-4}$  angehoben wird, während in Richtung anodischer Ausgang in der Kanalfunkenröhre 5 ein Druckgefälle herrscht.

Diese außerordentlich geringe Gaszufuhr muss innerhalb der Grenzen von 50 % eingehalten werden, sonst kommt es zu Energieverlusten durch Instabilitäten oder die Leistungsdichte des Strahls nimmt ab.

Das Magnetfeld im Bereich der dielektrischen Röhre 7 des Triggerplasmas hat seine oben erläuterte physikalische Bedeutung. Ein solches Magnetfeld kann mit einem Permanentmagneten 12, der ein Ringmagnet ist, angelegt werden (Anspruch 10). Es kann auch ein Permanentmagnet mit Polschuhen sein, die sich mindes-

tens im Abstand des Durchmessers der dielektrischen Röhre 7 gegenüberstehen (Anspruch 11).

Ein magnetisches Gleichfeld lässt sich aber auch mit einem mit Gleichstrom erregten Elektromagneten erzeugen (Anspruch 12). In einfachen robusten Anlagen ist er sicher normalleitend, könnte aber für spezielle Anwendungen durchaus auch supraleitend sein. Letzteres würde einen Kryostaten erfordern, und ein solcher technischer Aufwand müsste allerdings gerechtfertigt sein. Der Elektromagnet kann hierbei aus einer zylindrischen (Anspruch 13) Wicklung oder einer eben spiraligen (Anspruch 13) bestehen.

Für das mehr senkrecht zur Kanalachse (9) kreuzende Magnetfeld käme der Elektromagnet aus einer Wicklung um einen spaltbildenden Eisenkern zum Einsatz (Anspruch 14).

Ein Kriterium für die Stabilität der selbstfokussierten Elektronenstrahlen aus Kanalfunkenröhren ist die Reichweite des Strahls nach Verlassen der Kanalfunkenröhre. Je höher die Reichweite bzw. die Fähigkeit entfernte Targets 4 zu ablatieren, desto stabiler ist die Qualität des Strahls einzuschätzen. Es zeigt sich, dass der durch Gaszufuhr stabilisierte Strahl von vorher ca. 5-10 mm jetzt bis zu 90 mm durch den freien Raum zum Target zurücklegen kann.

Zur Erzielung solch optimaler Strahlausbreitungsbedingungen muss allerdings der Kanal in der Hohlkathode 1 an ihrem Eingang 8 mit konisch sich weitender Form beginnen. Aus dem in die Hohlkathode 1 von der Triggerplasmaquelle her eindringenden Plasma wird der Elektronenstrahl über den Durchgriff des elektrischen Feldes zwischen Anode 17 und Hohlkathode 1 extrahiert. Für die brauchbare Elektronenstrahlbildung muss folgende geometrische Anpassung bestehen:

Der konische Kanal der Hülse (21) an der Verbindungsstelle zur dielektrischen Röhre (7) soll eine Öffnung von einigen Quadratmillimeter Fläche aufweisen und sich in Richtung zum Eingang (10) des Kanalfunkenkörpers (11) auf dessen lichte Weite öffnen, wobei die Länge der Hülse mindestens 4 aber höchstens 10 mal dem Durchmesser der Kanalfunkenröhre (9) entspricht. Eine weitere Faktorerhöhung bewirkt eine unerwünschte Entkopplung zwischen dem Triggerplasma und der Kanalfunkenentladung.

Die Erfindung betrifft Modifikationen im Bereich der Hohlkathode mit der Folge, dass die dort erzeugten Elektronenstrahlen selten bzw. nicht mehr die Innenwand des Kanals berühren und dort ablativ Material umschichten. Das hat zum einen den Vorteil, dass der Elektronenstrahl in seiner Leistung unvermindert das Kanalfunkensystem verlässt und anschließend mit einem Target wechselwirken kann. Zum anderen wird die Lebensdauer des Kanalfunkensystems damit entscheidend erhöht.

Die Kanalfunkenquelle zur Erzeugung eines gebündelten Elektronenstrahl wird anhand der Zeichnung mit den Figuren 1 bis 3 näher erläutert. Es zeigt:

Figur 1 den Aufbau der Kanalfunkenquelle,  
Figur 2 das Eintrittsgebiet in die Hohlkathode,  
Figur 3 einen Ausschnitt der Hohlkathode mit Gaszufuhr durch die Membrane.

Der Aufbau der Kanalfunkenquelle in Figur 1 ist maßstabsgerecht im Schnitt durch die Längsachse dargestellt.

Das Gefäß 7 für das Triggerplasma ist reagenzglasförmig und aus Quarzglas. Es ist gasdicht an die Hohlkathode 1 über Stütz- und Gummiring angeflanscht. In die Hohlkathode ragt von dieser Kupplungsstelle aus die konisch sich weitende Hülse 21 konzentrisch ins Innere der Hohlkathode 1. Zwischen Hohlkathode 1 und der Hülse 21 besteht ein ringförmiger Spalt. Die



Hohlkathode 1 und die Hülse 21 sind aus Metall. Die Hülse 21 endet im Innern der Hohlkathode, es besteht also noch ein Innenraumteil mit der lichten Weite der Hohlkathode 1.

Am dortigen Ausgang sitzt der Kanalfunkenkörper 11, er bildet einen Teil der Kanalfunkenröhre 9 und ist ebenfalls wie das Gefäß 7 für das Triggerplasma angeflanscht. Der Kanalfunkenkörper besteht aus dielektrischem Material. An der anderen Stirnseite des Kanalfunkenkörpers 11 sitzt die ringförmige Anode, in der das Endteil 5 der Kanalfunkenröhre 9 steckt und an den Kanalfunkenkörper 11 stößt.

Der Kondensator 6, der elektrische Energiespeicher, überbrückt die elektrisch über den Kanalfunkenkörper 11 voneinander getrennte Hohlkathode und Anode. Durch den Boden des Gefäßes 7 für die Triggerplasmaquelle ragt die Elektrode 18 ins Innere desselben. Diese Elektrode 18 ist einerseits über den Ladewiderstand 20 mit der Hohlkathode 1 verbunden und andererseits über die Funkenstrecke 19 mit dem Bezugspotential, hier der Erde.

Das Gefäß 7 für das Triggerplasma ist bevorzugt einfach mit Luft gefüllt. Der Fülldruck beträgt 2 Pa und wird während des Betriebs konstant gehalten. Zur lokalen Wegverlängerung der Elektronen im Plasma, der Elektronendrift, und damit zur Vermehrung der Ladungsträger ist der ringförmige Permanentmagnet über das Gefäß 7 geschoben und kurz vor dessen Ausgang 8 fixiert. Er ist zur Qualitätseinstellung des Elektronenstrahls 2 axial verschiebbar.

Der in der Hohlkathode erzeugte gepulste Elektronenstrahl 2 trifft auf das Target 4, auf dem er das exponierte Targetmaterial herausschlägt/abdampft, das sich dann teilweise auf dem Substrat 22 niederschlägt.

Zur Langzeitstrahlqualität des Elektronenstrahls ist die dosierte Gaszufuhr ins Innere der Hohlkathode von entscheidender Bedeutung. In den beiden Figuren 2 und 3 sind zwei Wege aufgezeigt, wie diese Feindosierung vorgenommen wird:

Die geringe Gaszufuhr wird mit dem Kleinflansch am Anfang der Hohlkathode 1 zwischen der Hohlkathode 1 und dem Gefäß 7 eingerichtet. Der Dichtungs-O-Ring 14 auf der zur Hohlkathode gerichteten Seite ist mit Schleifpapier der Körnung 9  $\mu\text{m}$  angeschliffen und damit gezielt undicht gemacht, wodurch ein geringer Gaszufluss über den Ringspalt 13 in die Hohlkathode eingestellt wird.

Das gleiche Ergebnis erzielt man, wenn man den O-Ring zwischen Hohlkathode 1 und Kanalfunkenkörper 11 auf der zur Hohlkathode zugewandten Seite mit Schleifpapier der Körnung 9  $\mu\text{m}$  anschleift und damit gezielt undicht macht, sodass über den dort befindlichen Spalt das Gas ins Innere der Hohlkathode 1 eindringt.

Eine weitere Möglichkeit, die geringe Gaszufuhr im Kathodenbereich zu realisieren, zeigt Fig.3. Die dosierte Gaszufuhr wird durch die Permeation von Luft/dem gewünschtem Gas durch die Plastikfolie 16 über die Rohrverbindung 15 in die Hohlkathode 11 erreicht. Die Menge der/des durch die Folie tretenden Luft/Gases hängt zum einen vom dortigen Differenzdruck ab, aber auch von der Folienart, der Fläche der Membrane 16, der Foliendicke und der Betriebs- bzw. Umgebungstemperatur. Hier wurde als Folienmaterial beispielsweise Polyester verwendet.

Bezeichnungsliste

- 1 Kanalfunkenkörper, Hohlkathode
- 2 Elektronenstrahl
- 3 Innenwand der Kanalfunkenröhre
- 4 Target
- 5 Endteil
- 6 Kondensator, Energiespeicher
- 7 Gefäß
- 8 Eingang der Hohlkathode triggerseitig
- 9 Kanalfunkenröhre
- 10 Eingang der Kanalfunkenröhre hohlkathodenseitig
- 11 Kanalfunkenkörper
- 12 Permanentmagnet
- 13 Ringspalt
- 14 O-Ring
- 15 Gaszufuhr
- 16 Membrane
- 17 Anode
- 18 Elektrode
- 19 Funkenstrecke
- 20 Ladewiderstand
- 21 Hülse
- 22 Substrat

**Patentansprüche:**

1. Kanalfunkenquelle zur Erzeugung eines stabil gebündelten Elektronenstrahls,  
bestehend aus einer koaxialen Anordnung aus:  
einer dielektrischen Röhre (7), in der ein Triggerplasma erzeugt wird,  
einer daran stirnseitig anschließenden Hohlkathode (1),  
einem daran anschließenden dielektrischen Kanalfunkenkörper (11), der an einer Anode (17) mit zentralem Durchgang endet,  
einem an der Anode (17) ansetzenden dielektrischen Rohrstück (5), das mit dem Kanalfunkenkörper (11) fluchtet, wobei  
ein Kondensator (6) als elektrischer Energiespeicher an die Anode (17) und die Hohlkathode (1) angeschlossen ist,  
eine Elektrode (18) von der der Hohlkathode (1) abgewandten Stirnseite in die dielektrische Röhre (7) in das Triggerplasmavolumen ragt,  
diese Elektrode (18) über eine Funkenstrecke (19) an ein Bezugspotential angeschlossen ist, und  
ein elektrischer Widerstand (20) die Elektrode (18) und die Hohlkathode (1) überbrückt,  
dadurch gekennzeichnet:  
dass in die Hohlkathode (1) von der Triggerplasmaseite her eine Hülse (21) mit einer konisch sich zur Anode (17) hin öffnenden lichten Weite ragt, die Bestandteil der Hohlkathode (1) ist,  
wobei die Hülse (21) mit der Wand der Hohlkathode (1) einen Ringspalt (13) bildet, der an seiner Stirn zur dielektrischen Röhre (7) hin geschlossen und an seiner Stirn zum Kanalfunkenkörper (11) hin offen ist, und  
vor der der Anode (17) zugewandten Stirn der Hohlkathode (1) endet, so dass ein Restvolumen mit der lichten Weite der Hohlkathode (1) besteht, in das der Ringspalt (13) mün-

det,

dass durch die Gefäßwand der Hohlkathode (1) hindurch oder an derselben eine Gaszuführung (15) ins Innere besteht, durch die hindurch dosiert Gas in den Hohlraum der Hohlkathode (1) zur Einstellung eines vorgegebenen Druckgefälles zwischen Hohlkathodenausgang und dem Ausgang des dielektrischen Rohrstücks (5) einströmen kann, oder

dass in der triggerplasmaseitigen Vakuumdichteinrichtung an der Hohlkathode (1) eine Leckstruktur zum Ringspalt (13) hin vorhanden ist, über die durch Gaseinströmen ebenso ein solches Druckgefälle eingestellt werden kann,

dass das Feld eines Permanentmagneten (12) oder eines Elektromagneten (12) die dielektrische Röhre (7) der Triggerquelle abschnittsweise völlig durchdringt und der Permanentmagnet (12) oder der Elektromagnet (12) zu der Längsachse der dielektrischen Röhre verschiebbar und die Magnetfeldachse zu dieser Längsachse schwenkbar ist.

2. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der konische Kanal der Hülse (21) an der Verbindungsstelle zur dielektrischen Röhre (7) eine Öffnung von einigen Quadratmillimeter Fläche aufweist und sich in Richtung zum Eingang (10) des Kanalfunkenkörpers (11) auf dessen lichte Weite öffnet, wobei die Länge der Hülse mindestens 4 aber höchstens 10 mal so groß wie der Durchmesser der Kanalfunkenröhre (9) ist.
3. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum dosierten Gaseinlass ein Ventil (16) in der Gaszuführung sitzt und dieses aus einer Membran besteht, die den Innenraum der Hohlkathode (1) von einem Gasraum höheren Drucks trennt, durch die das Gas entsprechend der Membranstruktur, dem Druckgefälle und der Umgebungs-Temperatur dosiert hindurchtritt.

4. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Membran eine Kunststofffolie aus thermostabilen Materialien, wie Polyester, Polyvinylchlorid, Silikonkautschuk, Teflon, ist.
5. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungseinrichtung an mindestens einer der beiden Stirnseiten des Gefäß der Hohlkathode (1) Leckstrukturen in Form von Mikrounebenheiten/-kanälen in das Innere der Hohlkathode (1) hat, durch die hindurch entsprechend dosiert Gas von außen nach innen strömt.
6. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrounebenheiten/-kanäle in einer oder beiden Stirnflächen des Gefäßes der Hohlkathode sitzen.
7. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mikrounebenheiten/-kanäle in den oder die O-Ringe an der Hohlkathode (1) eingebracht sind.
8. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum dosierten Gaseinlass in der Gaszuführung ein Abschnitt mit einem verringerten lichten Querschnitt derart sitzt, so dass eine vorgegebene Leckrate ins Innere der Hohlkathode (1) zustande kommt.
9. Kanalfunkenquelle nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zum dosierten Gaseinlass in der Gaszuführung ein Ventil sitzt, mit dem eine Leckrate ins Innere der Hohlkathode (1) eingestellt werden kann.
10. Kanalfunkenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (12) ein Ringmagnet ist.

11. Kanalfunkenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (12) sich gegenüberstehende Polschuhe hat, die sich mindestens im Abstand des Durchmessers der dielektrischen Röhre (7) gegenüberstehen.
12. Kanalfunkenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromagnet aus einer zylindrischen Wicklung besteht.
13. Kanalfunkenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromagnet aus einer eben spiralförmigen Wicklung besteht.
14. Kanalfunkenquelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromagnet aus einer Wicklung um einen spaltbildenden Eisenkern besteht.

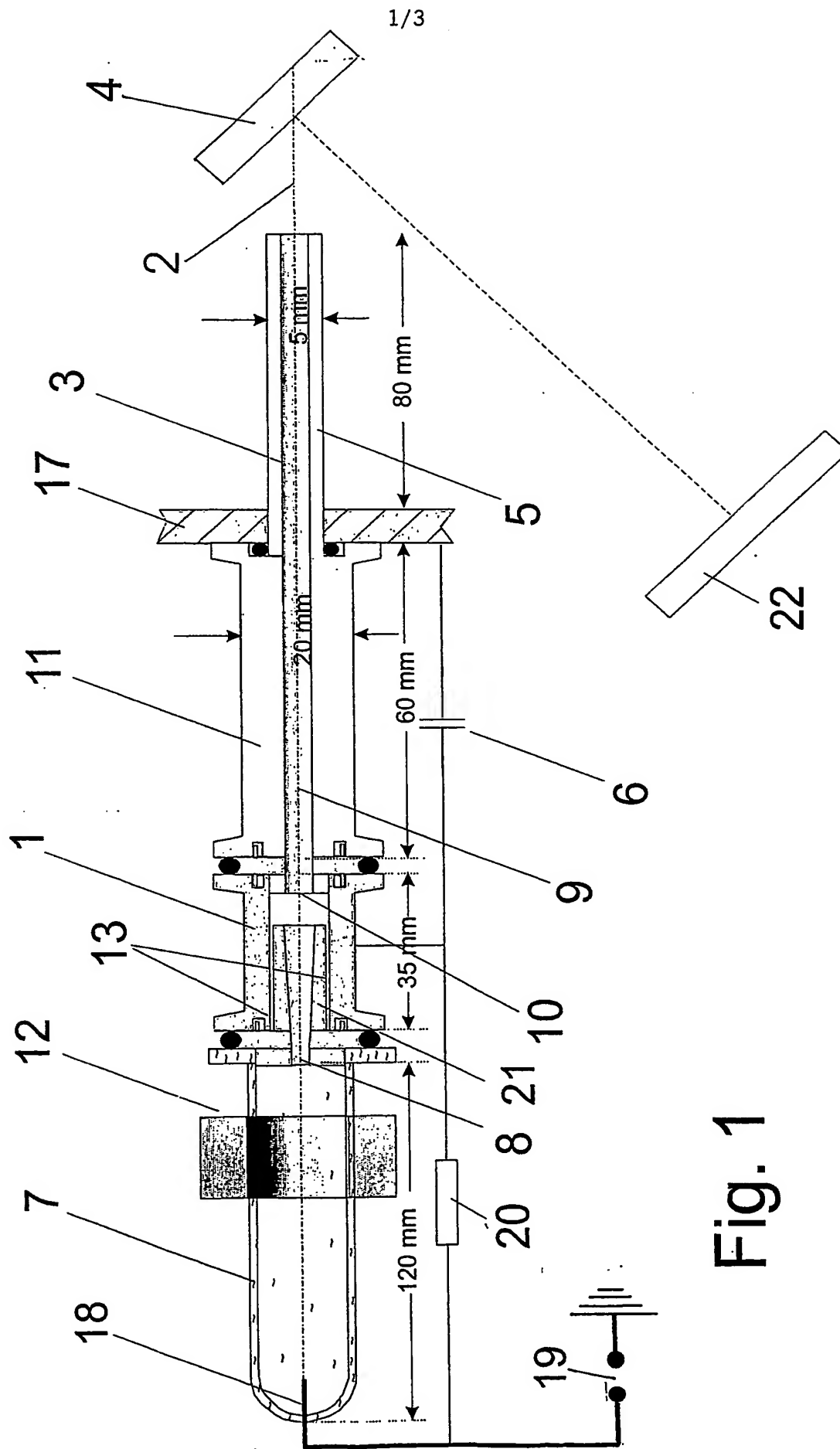
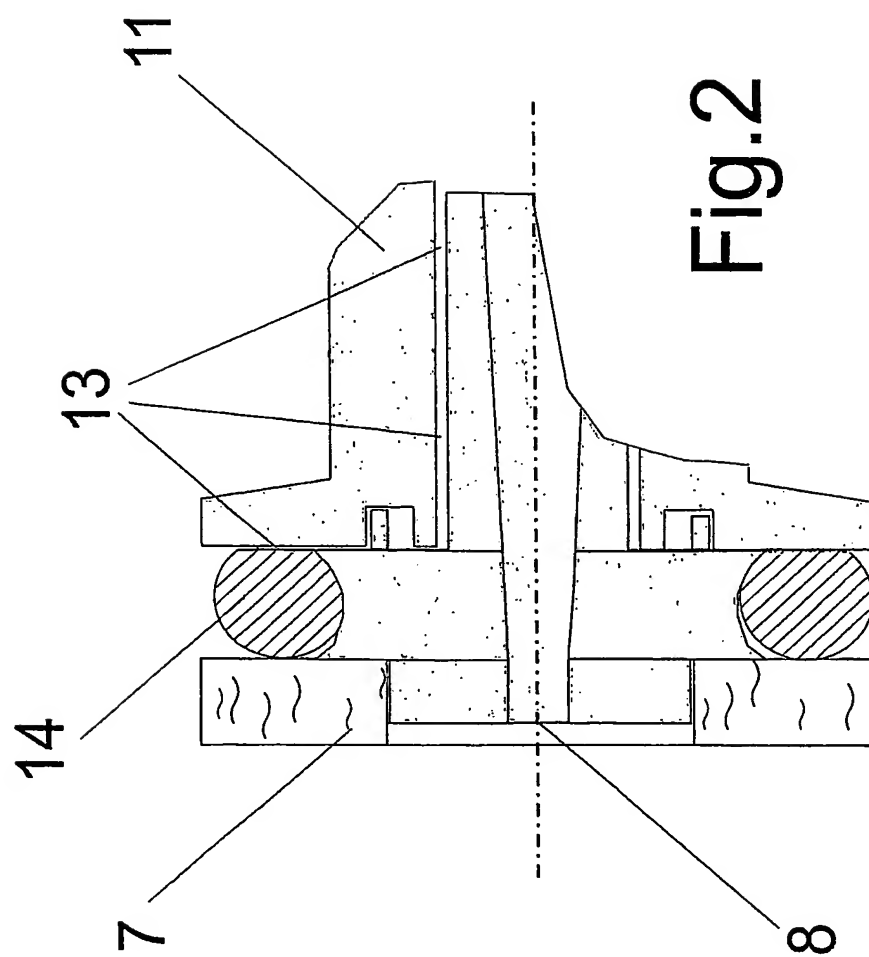


Fig. 1





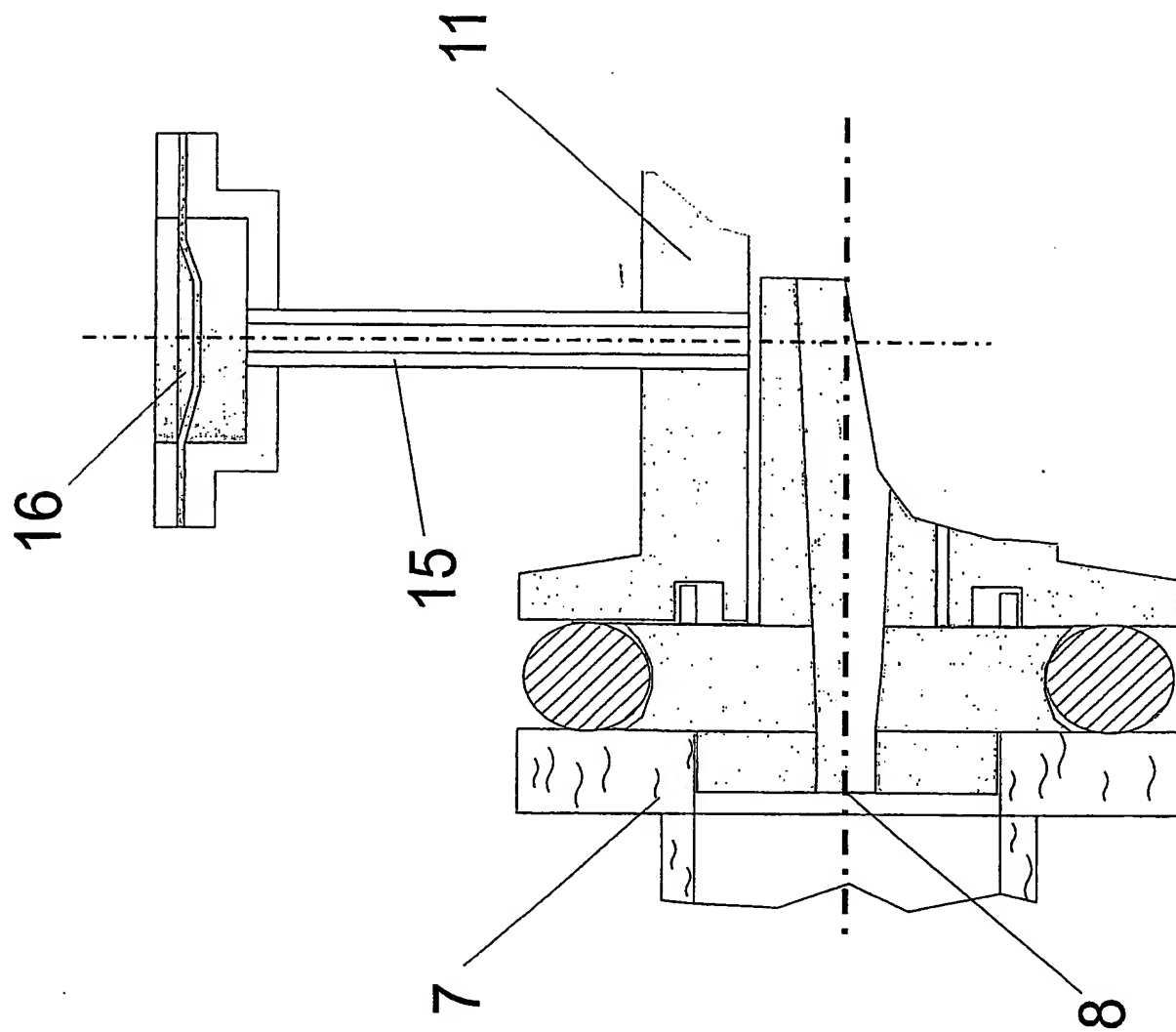


Fig. 3

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. August 2003 (28.08.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/071577 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation: **H01J 37/077**

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP03/00719**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. Januar 2003 (24.01.2003)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
102 07 835.1 25. Februar 2002 (25.02.2002) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
GMBH [DE/DE]; Weberstrasse 5, 76133 Karlsruhe (DE).**

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **SCHULTEISS,**

Christoph [DE/DE]; Edith-Stein-Strasse 5, 76327  
Berghausen (DE). **BUTH, Lothar-Heinz-Otto [DE/DE];**  
Hans-Thoma-Weg 15, 76256 Weingarten (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **FORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE GMBH;** Stabsabteilung Marketing,  
Patente und Lizenzen, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, US.**

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,  
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).

Veröffentlicht:

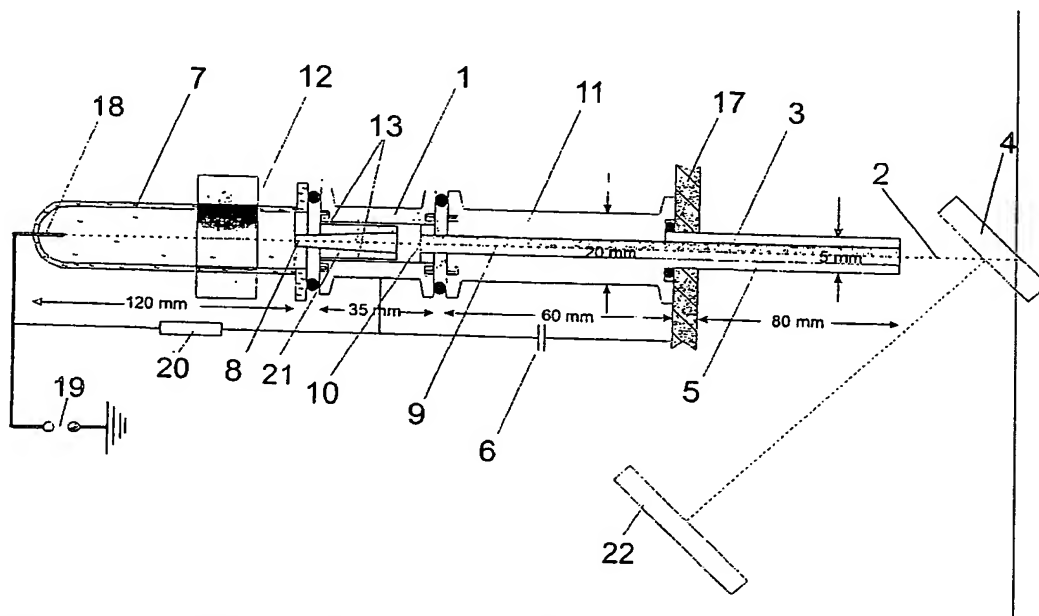
— mit internationalem Recherchenbericht

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 24. Dezember 2003

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **CHANNEL SPARK SOURCE FOR GENERATING A STABLE, FOCUSED ELECTRON BEAM**

(54) Bezeichnung: **KANALFUNKENQUELLE ZUR ERZEUGUNG EINES STABIL GEBÜNDELTEN ELEKTRONEN-  
STRAHLS**



(57) Abstract: The invention relates to a channel spark source, triggered by gas discharge, for generating stable, focussed electron beams. Said source is characterised by a gas supply with a pressure differential of  $10^{-4}$  Pascal between the hollow cathode and the channel outlet, so that the multiplication of the charge carriers in the trigger plasma ignites a hollow cathode gas discharge in a reliable manner and that the beam exits the system without a predisposition for instability or for touching and damaging the internal channel of the system.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird eine über Gasentladung getriggerte Kanalfunkenquelle zur Erzeugung von stabil gebündelten Elektronenstrahlen vorgestellt, die sich durch eine Gaszufuhr mit einer Druckdifferenz von  $10^{-4}$  Pascal zwischen der Hohlkathode und dem Kanalausgang auszeichnet, so dass die durch ein äußeres Magnetfeld unterstützte Ladungsträgervermehrung im Triggerplasma eine Hohlkathodengasentladung zuverlässig zündet und der Strahl ohne Neigung zu Instabilitäten und Berührung bzw. Beschädigung des inneren Kanals das System verlässt.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/Eur 03/00719

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01J37/077

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 198 49 894 C (KARLSRUHE FORSCHZENT) 29 June 2000 (2000-06-29) cited in the application column 3, line 52 -column 4, line 2; figures 1,2	1-14
A	BLUHM H ET AL: "Industrial applications of high voltage pulsed power techniques: developments at Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)", PULSED POWER CONFERENCE, 1997. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. 1997 11TH IEEE INTERNATIONAL BALTIMORE, MA, USA 29 JUNE-2 JULY 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, PAGE(S) 1-12 XP010280169 ISBN: 0-7803-4213-5 page 3, line 9-17; figure 2	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 June 2003

Date of mailing of the international search report

07/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Weisser, W

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internat. Application No  
PCT/Er 03/00719

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 42 08 764 A (KERNFORSCHUNGSZ KARLSRUHE) 30 September 1993 (1993-09-30) cited in the application column 5, line 26-35; figures 2,3,6 ---	1-14
A	DE 198 13 589 A (KARLSRUHE FORSCHZENT) 30 September 1999 (1999-09-30) column 3, line 18-49,62-67; figure 1 column 4, line 9-46 -----	1-14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

ation on patent family members

Internat Application No

PCT/EP 03/00719

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19849894	C	29-06-2000	DE 19849894 C1	29-06-2000
			WO 0027170 A1	11-05-2000
			EP 1123641 A1	16-08-2001
DE 4208764	A	30-09-1993	DE 4208764 A1	30-09-1993
			WO 9319572 A1	30-09-1993
			DE 59308583 D1	25-06-1998
			EP 0631712 A1	04-01-1995
			JP 2831468 B2	02-12-1998
			JP 7501654 T	16-02-1995
			US 5576593 A	19-11-1996
DE 19813589	A	30-09-1999	DE 19813589 A1	30-09-1999
			WO 9950878 A2	07-10-1999
			EP 1145269 A2	17-10-2001

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01J37/077

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01J

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 198 49 894 C (KARLSRUHE FORSCHZENT) 29. Juni 2000 (2000-06-29) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 52 -Spalte 4, Zeile 2; Abbildungen 1,2	1-14
A	BLUHM H ET AL: "Industrial applications of high voltage pulsed power techniques: developments at Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)", PULSED POWER CONFERENCE, 1997. DIGEST OF TECHNICAL PAPERS. 1997 11TH IEEE INTERNATIONAL BALTIMORE, MA, USA 29 JUNE-2 JULY 1997, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, PAGE(S) 1-12 XP010280169 ISBN: 0-7803-4213-5 Seite 3, Zeile 9-17; Abbildung 2 -/-	1-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindarischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindarischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

17. Juni 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/08/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Weisser, W



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 42 08 764 A (KERNFORSCHUNGSZ KARLSRUHE) 30. September 1993 (1993-09-30) in der Anmeldung erwähnt Spalte 5, Zeile 26-35; Abbildungen 2,3,6 ---	1-14
A	DE 198 13 589 A (KARLSRUHE FORSCHZENT) 30. September 1999 (1999-09-30) Spalte 3, Zeile 18-49,62-67; Abbildung 1 Spalte 4, Zeile 9-46 -----	1-14

# INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internatic

Aktenzeichen

PCT/EP 03/00719

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19849894	C	29-06-2000	DE	19849894 C1	29-06-2000
			WO	0027170 A1	11-05-2000
			EP	1123641 A1	16-08-2001
DE 4208764	A	30-09-1993	DE	4208764 A1	30-09-1993
			WO	9319572 A1	30-09-1993
			DE	59308583 D1	25-06-1998
			EP	0631712 A1	04-01-1995
			JP	2831468 B2	02-12-1998
			JP	7501654 T	16-02-1995
			US	5576593 A	19-11-1996
DE 19813589	A	30-09-1999	DE	19813589 A1	30-09-1999
			WO	9950878 A2	07-10-1999
			EP	1145269 A2	17-10-2001

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**